Wachstumsmaxima von Keimlingsstengeln und Laboratoriumsluft

von

Frieda Hoke.

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.
Nr. 32 der zweiten Folge.

(Mit 3 Tafeln.)

(**Vorgelegt in der Sitzung am 17. Mai 1912.**)

Wie bekannt, bestehen über die Wachstumsweise des Epikotyls von *Phaseolus multiflorus* Wildt in der Literatur nicht unerhebliche, wir können geradezu sagen, fundamentale Differenzen. Die eine Gruppe von Beobachtern behauptet, daß das nutierende Epikotyl von *Ph. multiflorus* nur ein Wachstumsmaximum aufweist, während andere Forscher behaupten, daß deren zwei auftreten. Zu den ersteren gehört Sachs (7, 1903), der bei seinen Experimenten von 2 bis 3 *cm* langen Keimlingen ausging, die er in der gewohnten Weise mit Marken versah, deren Voneinanderrücken er täglich kontrollierte. Dabei bot sich ihm das von so vielen Keimligen her bekannte Bild, daß die Marken besonders an einer Stelle nicht unerheblich voneinander rückten, was ihn zu dem Schlusse bewog, die Wachstumsintensität sei nicht in allen Regionen des Epikotyls dieselbe, es ergebe sich vielmehr eine Zone als besonders ausgezeichnet, die er darum Zone der größten Wachstumszunahme, d. h. Wachstumsmaximum nannte. Die Beobachtungen zeigten nun, daß dieses Maximum mit jedem Tage weiter hinaufrückte, bis es nach der Streckung des Keimlings ganz verschwand. Wortmann (10*a*, 1882), der die Sachs'schen Versuche wiederholte, kam zu dem gleichen Resultate. Er

stellte seine Experimente im Glashause des pflanzenphysiologischen Institutes in Würzburg auf und kultivierte die Pflanzen bei 22° C., nachdem er sie in Abständen von 0·5 *cm* markiert hatte. Es sei hier eines seiner Protokolle wiedergegeben.

Tag	Abstände der einzelnen Marken	Summe, Zentimeter	Zuwachs
23./7.	0·5—0·5—0·5—0·5—0·5—0·5—0·5—0·5	4·0	1·9
26./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·0—**1·1**—0·8—*0·5*	5·9	1·9
27./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—*1·8*—**1·5**—*0·8*	7·8	1·7
28./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·9—**2·4**—*1·5*	9·5	1·2
29./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·9—2·6—**2·5**	10·7	1·0
30./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·9—2·6—**3·5**	11·7	0·5
31./7.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·9—2·6—3·5	12·2	0·0
1./8.	0·5—0·6—0·6—0·8—1·2—1·9—2·6—3·5	12·2	—

Er fand also im Epikotyl des *Ph. multiflorus* auch nur ein Maximum. Dieser Keimling folgt daher nach seiner Meinung dem allgemeinen Wachstumsgesetze der Internodien (nach Sachs). Dieses eine Maximum rückt immer weiter gegen die Spitze hinauf.

Ganz anders war die Ansicht der zweiten Gruppe von Beobachtern. So fand Wiesner (9 *b*, 1883), daß bei seinen Versuchen mit *Ph. multiflorus* außer dem eben erwähnten Maximum, solange der Keimling nutierte, noch ein zweites Maximum zu bemerken war, das mit der Lösung der Nutation verschwand, wie sich das in der folgenden, seiner Arbeit (9 *b*, 1883) entnommenen Tabelle klar ausspricht. Dabei hatte er seine Versuche im Laboratorium des alten pflanzenphysiologischen Institutes in Wien aufgestellt.

1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·0
1·0	1·0	1·0	1·0	1·0	1·25	*1·5*	1·5	1·25	1·25	1·0	1·0	1·0	1·0	*1·25*	*1·25*	*1·25*	*1·25*
2·0	*2·0*	*2·0*	1·5	1·5	1·5	1·5	1·5	1·25	1·25	1·25	1·5	1·5	*2·0*	*2·0*	—	—	—
3·5	*4·0*	3·0	2·5	2·0	1·5	1·5	1·5	1·5	1·5	1·5	2·0	2·5	*3·0*	*3·0*	—	—	—
5·5	*5·5*	3·5	3·0	2·5	3·0	3·0	3·0	3·0	3·0	3·5	*4·0*	3·5	—	—	—	—	—
6·0	*6·0*	5·0	5·0	5·0	*6·0*	5·0	4·5	4·5	4·0	4·0	4·0	4·0	—	—	—	—	—
10·5	8·5	8·0	*9·0*	7·0	7·0	6·0	5·0	5·0	4·5	—	—	—	—	—	—	—	—
14·0	*15·0*	*11·0*	10·5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18·0	*18·0*	12·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26·0	19·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Pflanzen waren für die Beobachtungen teils mit einem Zahnrädchen, teils unter Zuhilfenahme von Millimeterpapier im Abstande von 1 *mm* mit Tuschepunkten markiert worden. Dabei schienen die beiden Maxima in einer engen Beziehung zu stehen mit einer von Wiesner gleichfalls zum erstenmal festgestellten Krümmung der Bohnenkeimlinge, die er »undulierende Nutation« nannte, und zwar derart, daß das erste Maximum in der ersten Krümmung, das zweite direkt unterhalb der zweiten Krümmung zu liegen kam. Gleiche Resultate wie Wiesner erzielten auch Wyplel (12, 1879) und Rimmer (6, 1884). Wortmann (10 *b*, 1883) suchte nun diese völlig von seinen Ergebnissen abweichenden Resultate Wiesner's durch folgende Annahme zu erklären: I. Die Differenz beruhe auf der Anwendung zu niedriger Temperatur; Wiesner habe seine Versuche bei 15°, er (Wortmann) bei 22° aufgestellt; II. sei die Übertragung der Marken auf das Kartonpapier mit scharfem Bleistift anstatt mit dem Zirkel geschehen, was zu Fehlerquellen Anlaß geboten haben könne. Dagegen wendete Wiesner (9 *e*, 1883) ein, Wortmann's Pflanzen wären eben schon zu lang gewesen, da das eine Maximum nur bis zu einer Keimlingslänge von 4 *cm* zu sehen wäre, und ferner hätte Wortmann dadurch zum Übersehen des Maximums kommen müssen, weil er

die Distanzen der Marken von vornherein viel zu groß gewählt habe.

Ich wurde nun von Herrn Prof. Molisch, dem ich gleich an dieser Stelle für die Zuweisung des Themas und dessen stete Förderung meinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte, mit der Aufgabe betraut, die Versuche beider Gruppen von Experimentatoren unter genauester Berücksichtigung der eben wiedergegebenen Ansichten von Wiesner und Wortmann nachzuprüfen. Dabei stellte sich ein ganz unerwartetes Ergebnis heraus, das im folgenden geschildert werden mag unter dem Titel:

I. Einfluß der Laboratoriumsluft auf die Wachstumsmaxima von Phaseolus multiflorus Wildt und anderen Keimlingen.

Gute, keimkräftige Samen von *Ph. multiflorus* wurden etwa 6 Stunden quellen gelassen und auf Filtrierpapier zum Keimen ausgelegt. Sobald sich 2 bis 2·5 *cm* lange Wurzeln entwickelt hatten, wurden nach sorgfältigster Auswahl je vier Keimlinge in Blumentöpfe in eine Mischung von gleichen Teilen Sand und Erde, die sich nach meinen Erfahrungen als besonders vorteilhaft erwies, gleich orientiert gesetzt und, nachdem sie im Gewächshause die Höhe von 1·5 bis 2 *cm* erreicht hatten, markiert. Die so adjustierten Pflanzen wurden nun an verschiedenen Plätzen des pflanzenphysiologischen Institutes, und zwar vergleichsweise im Licht und Finstern aufgestellt. Es gehören zur Serie I die Keimlinge, welche im Warm- und Kalthause ihren Platz fanden, zur Serie II diejenigen, welche im Museum, Hörsal, Laboratorium für Chemie und im Korridor des Institutes aufgestellt wurden. Zu meiner großen Überraschung zeigten die Keimlinge der Serie I bloß ein Wachstumsmaximum, also das Verhalten, wie es Sachs und Wortmann beschreiben, während die der Serie II deren zwei aufweisen, wie dies Wiesner gefunden hat. Damit schien nun mit einem Schlage die Antwort in der Streitfrage gegeben. Was zunächst schon im ganzen Habitus der Keimlinge beider Serien auffiel, war die bereits von Molisch (1905) und Richter (5 *b*, 1903) beobachtete Hemmung des Längen- und Förderung des

Dickenwachstums an den Laboratoriumsluftpflanzen. Gleichzeitig ließen sie die von Wiesner beschriebene undulierende Nutation in typischer Ausbildung erkennen. Da die Pflanzen, die in den Räumen mit unreiner Luft standen, das typische Aussehen von Laboratoriumsluftpflanzen aufwiesen, wie es von Molisch (1905; 2 *a*, *b*, 1911), Neljubow (3 *a*, *b*, 1901, 1911), Richter (5 *b*, 1903), Singer (8, 1903), Woycicki (11 *a*, *b*, 1908, 1909) u. a. beschrieben worden ist, und da gerade nur diese und regelmäßig nur diese zwei Maxima aufwiesen, so lag die Vermutung nahe, daß die gasförmigen Verunreinigungen der Luft die Ursache der zwei Maxima wären. Daraus ergab sich die weitere Versuchsanstellung, die im folgenden genau geschildert wird, von selbst.

Versuchsanstellung.

Die Markierung. Die in der oben mitgeteilten Weise vorbehandelten, in reiner Luft gehaltenen, 1·5 bis 2·0 *cm* langen Keimlinge wurden mit dem von Wiesner seinerzeit (9 *b*) beschriebenen Triebrädchen, dessen Zähne genau im Abstande von 1 *mm* voneinander angebracht sind, mit dem Farbstoffe eines Patentkissenstempels markiert, nachdem durch Vergleichsversuche anscheinend die völlige Unschädlichkeit des Patentkissenfarbstoffes dargetan und durch Vergleichsversuche mit Tusche die leichte Verfließbarkeit 1 *mm* entfernter Tuschemarken bewiesen worden war.

Die eigentliche Versuchsanstellung. Hierauf kamen die markierten Keimlinge unter Glasglocken, die, je nachdem eine größere oder geringere Feuchtigkeit beabsichtigt wurde, mit Wasser oder Vaselinöl von der umgebenden Luft abgeschlossen werden konnten. Die Töpfe standen natürlich auf Gläschen, um eine Schädigung der Wurzeln zu vermeiden. Ich möchte ausdrücklich bemerken, daß Vaselinöl völlig geruchlos ist, als Luftabschluß nicht schadet und sich besonders dann eignet, wenn es darauf ankommt, einen allzu feuchten Raum zu vermeiden. Die Kontrollobjekte waren im übrigen völlig gleich adjustiert, nur wurden die Glocken mit Glasröhrchen an einem Rande gehoben und so der Zutritt der Außenluft, beziehungsweise der Laboratoriumsluft möglich gemacht. Für die Aufstellung kamen in Betracht:

1. reine Luft — licht,
2. reine Luft — finster,
3. Laboratoriumsluft — licht,
4. Laboratoriumsluft — finster,

so daß also immer dort, wo überhaupt die Laboratoriumsluft in Betracht kam, zwei Versuche nebeneinander standen, immer je einer mit reiner Luft und einer mit Laboratoriumsluft, die sich gegenseitig kontrollierten.

Die Ablesung der Markendistanzen erfolgte nach gewohnter Art mit Millimeterpapier, wozu selbstverständlich die Glocken entfernt werden mußten, doch hatte, wie sich sicher erweisen ließ, diese kurze Berührung der Pflanzen mit der Außenluft keine schädliche Wirkung. Die Beobachtung erfolgte nach je 24 Stunden.

Indem ich nun bezüglich meiner zahlreichen Versuche auf die Tabellen am Schlusse der Arbeit verweise, greife ich hier zur Illustration zwei zusammengehörige Beispiele heraus.

Reine Luft. *Phaseolus multiflorus* mit Wasserabschluß. Licht.

17. November.....1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0
18. November.....1·8—1·8—1·8—*2·1*—1·8—1·6—1·6—1·4—1·4—1·3—1·3—1·2—1·2—1·2—1·2—1·2—1·2
19. November.....2·0—2·0—2·2—3·2—*3·3*—2·0—2·0—2·0—2·0—1·9—1·9—1·8—1·8—1·8—1·8—1·8—1·8
20. November.....2·1—2·1—2·2—2·2—3·5—3·5—3·5—5·0—5·2—5·6—5·6—*6·0*—5·8—5·0—5·0—5·0—4·8

Laboratoriumsluft. *Phaseolus multiflorus* mit Wasserabschluß. Licht.

17. November.....1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0—1·0
18. November.....1·0—1·9—*2·1*—*2·1*—*2·1*—1·2—1·5—1·5—1·5—1·5—1·6—*1·7*—1·5—1·5—1·5—1·5
19. November.....1·2—2·9—3·1—3·1—3·8—*3·0*—3·0—3·0—2·9—2·6—2·5—2·4—2·6—*2·8*—*2·8*—*2·8*
20. November.....1·2—3·0—3·6—3·6—4·0—4·0—4·5—4·8—5·0—*5·0*—4·5—3·0—3·2—3·5—4·0—*5·0*

Eine Variante erfuhren die Versuche auch, wenn Terpentinöl oder Leuchtgas verwendet werden sollte. Die in der schon besprochenen Weise markierten Pflanzen wurden dabei mit einer genau gemessenen Quantität von Leuchtgas oder Terpentinduft täglich beschickt und sie zeigten mehr oder weniger, je nach der Menge der zugeführten Stoffe, dieselben Erscheinungen wie die Laboratoriumsluftpflanzen.

Ich führe nun sofort die Ergebnisse meiner Versuche in zusammenfassender Weise an.

1. Zwei Maxima sind nur in Laboratoriumsluft zu bemerken, und zwar liegt eines von den beiden im gestreckten Teile des Epikotyls. Dieses Maximum wandert immer weiter hinauf, bis es

mit dem zweiten, unterhalb der Nutationskrümmung liegenden verschmilzt, zu einer Zeit, da die Keimlinge durch Streckung eine Länge von etwa 4 *cm* erreicht haben (Wiesner, 9 *b*, 1883).

2. In reiner Luft dagegen findet sich nur ein einziges Maximum, das immer weiter hinaufrückt, bis es ganz verschwindet.

3. Die eben besprochenen Unterschiede zwischen Keimlingen aus reiner und denen aus verunreinigter Luft fanden sich nicht nur an Licht- und Dunkelkeimlingen, die ihre Kotyledonen besitzen, sondern auch an jenen Zwergexemplaren, denen die Kotyledonen am Versuchsbeginn abgeschnitten worden waren.

4. Mit diesen Befunden erscheinen die zwischen Sachs und Wortmann einerseits und Wiesner und Wettstein andrerseits bestehenden Differenzen endgültig erklärt.

5. Gleichzeitig ist hiermit wieder ein nicht uninteressanter Fall bekannt geworden, wo sich der einschneidende Einfluß der gasförmigen Verunreinigungen der Luft, wie sie im Laboratorium vorkommen, in auffallender Weise kundtut.

6. Die besprochene Wirkung der Laboratoriumsluft, des Leuchtgases, des Terpentins und anderer Narkotika auf die Wachstumsmaxima der Streckungszone bleibt nicht auf das Epikotyl von *Ph. multiflorus* beschränkt, sondern ließ sich auch bei Hypokotylen von *Lupinus albus* und *Helianthus* nachweisen. Doch ist z. B. bei *Lupinus albus* stärkere Verunreinigung der Luft nötig, um diese Unterschiede zu zeigen.

7. Eine Ausnahme bildet gewissermaßen *Ph. vulgaris*, das wieder einmal zeigt, wie verfehlt es wäre, auf Grund der beschriebenen Befunde zu generalisieren. Hier findet sich nämlich infolge der starken Nutation auch ein zweites Maximum bei Pflanzen in reiner Luft. Doch war das zweite Maximum in der verunreinigten Luft um ein Bedeutendes deutlicher. Hand in Hand damit ging auch eine mächtige Schlingenbildung in der Laboratoriumsluft, der nur undulierende Nutation in reiner Luft gegenüberstand.

8. Bei allen Versuchen in Laboratoriumsluft tritt die schon von O. Richter (5 *a*, 1903) und anderen Forschern beobachtete Hemmung des Längen- und Förderung des Dicken-

wachstums ein; auch das von demselben Autor (5*c*, 1908) nachgewiesene Zerplatzen der turgeszenten Keimlinge der verunreinigten Luft war wiederholt zu sehen.

Gerade diese zuletzt ausgeführten Erscheinungen veranlaßten mich nun, im Hinblick auf die von O. Richter (5*d*, 1910) zum erstenmal durchgeführten Turgorbestimmungen von in reiner Luft und in Laboratoriumsluft gehaltenen Keimlingen Turgorbestimmungen in der Nutationszone auszuführen, deren Ergebnisse im zweiten Teile der vorliegenden Arbeit mitgeteilt sein mögen.

II. Über die Verteilung des Turgors in der Nutationszone bei Keimlingen der reinen Luft, der Laboratoriumsluft und anderer Narkotica.

Methodik. In Verwendung kam die plasmolytische Methode. Längsschnitte durch die Medianebene des Keimlings wurden in Salpeterlösung verschiedener Konzentration gebracht und nachher unter dem Mikroskop festgestellt, bei welcher geringsten Konzentration gerade Plasmolyse eintrat.

Ergebnis der Untersuchungen. Zuerst hebt sich in den Zellen der Rückseite des Keimlings der Plasmaschlauch ab und erst bei stärkerer Konzentration auch in denen der Vorderseite.[1] Daher ist der Turgordruck an der Rückseite schwächer als an der Vorderseite. Ferner zeigte sich auf Grund wiederholter Versuche, daß diese Differenz des Turgordruckes vorn und rückwärts abhängig ist von der Luft des Kulturraumes und daß diese Differenz um so größer wird, je verunreinigter die Luft ist.

Unter Hinweis auf die am Schlusse der Arbeit mitgeteilten tabellarischen Belege und unter Berücksichtigung des Wertes von $1\%\ KNO_3 = 4 \cdot 6$ Atmosphären (Jost, 1) stellen sich die gefundenen Werte, wie folgt.

[1] Ich verstehe unter der Vorderseite in Übereinstimmung mit Wiesner die Seite, wohin die Spitze gekrümmt ist (konkave Seite), unter der Rückseite die konvexe.

Phaseolus multiflorus. Finster.

Versuchsnummer	Reine Luft		Laboratoriumsluft		7 cm^3 Leuchtgas durch 7 Tage täglich zugeführt		16 cm^3 Leuchtgas durch 7 Tage täglich zugeführt	
	in Atmosphären				in Atmosphären			
	vorn	rückwärts	vorn	rückwärts	vorn	rückwärts	vorn	rückwärts
1	25·3	23	32·2	27·6	34·5	27·6	34·5	27·6
2	25	20·7	32·2	25·3	—	—	—	—

Phaseolus multiflorus. Licht.

Versuchsnummer	Reine Luft		Laboratoriumsluft		10 cm^3 Leuchtgas durch 7 Tage täglich zugeführt		16 cm^3 Leuchtgas durch 7 Tage täglich zugeführt	
	in Atmosphären				in Atmosphären			
	vorn	rückwärts	vorn	rückwärts	vorn	rückwärts	vorn	rückwärts
1	25·3	23	29·9	23·0	34·5	29·9	32·2	25·3

Bezüglich der Tabelle sei bemerkt, daß die in der Tabelle angeführte Leuchtgasmenge in einen Kulturraum von 6 *l* hineingebracht wurde, so daß in demselben $^7/_{60}$, $^4/_{15}$, respektive $^1/_6$% Leuchtgas vorhanden war.

Wie ferner aus der Tabelle hervorgeht, besteht zwischen vorn und rückwärts in der nutierenden Spitze ein bedeutender Unterschied im Turgordruck, und zwar beträgt die Differenz im Durchschnitt in der reinen Luft 3·1, in der Laboratoriumsluft 5·7 Atmosphären. Ferner besteht eine große Differenz im Turgordruck zwischen Vorder- und Hinterseiten bei Pflanzen in reiner Luft und in Laboratoriumsluft. Die Differenz im osmotischen Druck zwischen den Reineluft- und Laboratoriumsluftpflanzen ist durchschnittlich vorn 7, rückwärts 4 Atmosphären.

Helianthus, der, in reiner Luft gezogen, fast keine Krümmung zeigt, weist in Übereinstimmung hiermit auch keine merkliche Druckdifferenz auf (vorn und rückwärts in reiner Luft 25·3 Atmosphären). Untersucht man dagegen die Laboratoriumsluftkeimlinge dieser Pflanzen, die in der Laboratoriumsluft mitunter Nutationen der Knospenspitze bis 140, 180, ja 270° aufweisen (Richter, 1903), so findet man die Differenzen im Turgor der Vorder- und Hinterseite wieder. Dagegen ist bei *Ph. vulgaris*, dessen auch in reiner Luft auftretende, besonders starke Nutation wir früher erwähnten, auch in reiner Luft eine recht auffallende Turgordifferenz der Vorder- und Hinterseite des Keimlings vorhanden. Nach dem Gesagten besteht also eine innige Beziehung zwischen Turgordruck einer-, Nutation und Wachstumsmaximum andrerseits. Tritt nämlich eine große Turgordruckdifferenz zwischen Vorder- und Hinterseite auf, wie dies bei Pflanzen, die in Laboratoriumsluft kultiviert wurden, der Fall ist, so ist die Nutation groß und es bestehen zwei Wachtumsmaxima. Ist hingegen die Druckdifferenz gering, wie dies bei Pflanzen, die in reiner Luft gezogen wurden, der Fall ist, so fehlt die Nutation vollkommen oder ist nur gering und es tritt nur ein Maximum auf.

Zusammenfassung.

In der Literatur finden sich Angaben darüber, daß der nutierende Keimlingsstengel von *Phaseolus multiflorus* Wildt und anderen Pflanzen ein Maximum oder zwei Maxima aufweist. Eine Entscheidung darüber, ob ein oder zwei Maxima auftreten, wurde bisher noch nicht gebracht. In der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, daß beide Ansichten, die von hervorragenden Forschern (Sachs, Wiesner, Wortmann) herrühren, richtig sein können und daß die Ursache für das Auftreten von zwei Maxima in den gasförmigen Verunreinigungen der Luft des Kulturraumes liegt.

Unter normalen Verhältnissen kommt gewöhnlich nur ein Wachstumsmaximum vor, in der Laboratoriumsluft hingegen treten regelmäßig zwei Maxima auf. Von der erwähnten Regel weichen unter den untersuchten Pflanzen nur Keimlinge von *Ph. vulgaris* ab, die auch unter normalen Verhältnissen zwei

Maxima aufweisen, doch treten dieselben auch bei ihnen in verunreinigter Luft viel prägnanter hervor.

Es wurde nebenbei nachgewiesen, daß der osmotische Druck an der vorderen, d. h. an der konkaven Seite der nutierenden Spitze viel größer ist als an der konvexen. Stets waren in der verunreinigten Luft die Turgorwerte im allgemeinen größer sowie auch ihre Differenzen.

Anhang.

I. Graphische Darstellungen des Auftretens der Wachstumsmaxima in reiner und in Laboratoriumsluft. Vergl. die Tafel I bis III.

II. Turgorbestimmungen in den Zellen der Vorder- und Rückseite der Nutation von Keimlingen.

Die bei den Bestimmungen verwendete Menge von KNO_3 wurde in Prozenten angegeben. Es trat in den Zellen größere oder geringere Plasmolyse ein, je nach der Konzentration von KNO_3. xxx bedeutet starke Abhebung, xx mittlere Abhebung. Ein x bedeutet die eben noch sichtbare Abhebung des Protoplasmaschlauches, daher wurde dieser Wert als Grenzwert zur Bestimmung des Turgors angenommen.

III. Erläuterung der Kurvendarstellungen auf Tafel I bis III.

IV. Literaturverzeichnis.

II. Turgor-

Phaseolus

Reine Luft. Dunkel			
In Prozent KNO_3	6·5– 6 –5·5–5·0–4·5	In Prozent KNO_3	6·5–6·0–5·5–5·0–4·5–4·0
Vorn	xxx–xxx– x — —	Vorn	xxx–xxx– x — — —
Mitte	xx – xx – xx — —	Mitte	xx – xx – xx – xx — —
Rückwärts	xxx–xxx– xx – x —	Rückwärts	xxx–xxx–xxx– xx – x —

Reine Luft. Licht			
In Prozent KNO_3	6·5– 6 –5·5–5·0	In Prozent KNO_3	6·5–6·0–5·5– 5 –4·5
Vorn	xxx–xx– x —	Vorn	xxx– xx – x — —
Mitte	xxx– x — —	Mitte	xx – xx – xx — —
Rückwärts	xxx–xx– x – x	Rückwärts	xxx–xxx– xx – x —

Durch 7 Tage täglich 7 *mm*^{3} Leuchtgas zugeführt		Durch 7 Tage täglich 16 *mm*^{3} Leuchtgas zugeführt	
Dunkel			
In Prozent KNO_3	8 –7·5– 7 –6·5– 6 –5·5	In Prozent KNO_3	8 –7·5– 7 –6·5– 6 –5·5
Vorn	xx – x — — — —	Vorn	xx – x — — — —
Mitte	xx – xx – x — — —	Mitte	xx – xx – x — — —
Rückwärts	xxx–xxx–xx– xx – x —	Rückwärts	xxx–xxx–xxx– xx – x —

Durch 7 Tage täglich 31 *mm*^{3} Leuchtgas zugeführt		Durch 7 Tage täglich 16 *mm*^{3} Leuchtgas zugeführt	
Licht			
In Prozent KNO_3	8 –7·5– 7 –6·5– 6 –5·5– 5 –4·5	In Prozent KNO_3	7 –6·5– 6 –5·5– 5
Vorn	xxx– xx – x — — — — —	Vorn	x – x — — —
Mitte	xxx– xx – x — — — — —	Mitte.....	xx – xx – x — —
Rückwärts	xxx–xxx–xxx–xxx–xx– xx – x —	Rückwärts	xxx– xx –xx– x —

bestimmungen.

multiflorus.

Laboratoriumsluft . Dunkel			
In Prozent KNO_3	8 –7·5–7·0–6·5–6·0–5·5	In Prozent KNO_3	8 –7·5–7·0–6·5–6·0–5·5–
Vorn	xxx– xx – x — — —	Vorn	xxx– xx – x — — —
Mitte	xxx– xx – xx — — —	Mitte	xxx– xx – xx — — —
Rückwärts	xxx–xxx–xxx– xx – x —	Rückwärts	xxx–xxx–xxx– xx – xx – x

Laboratoriumsluft. Licht			
In Prozent KNO_3	8 –7·5– 7 –6·5– 6 –5·5– 5 –4·5– 4	In Prozent KNO_3	7 –6·5–6·0–5·5–5·0–4·5–4
Vorn	xxx–xxx–xxx– x — — — — —	Vorn	xx – xx – x — — —
Mitte	xxx–xxx–xxx–xxx– xx – x — — —	Mitte	xx – xx – xx – xx – x – x
Rückwärts	xxx–xxx–xxx–xxx–xxx– x — — —	Rückwärts	xxx–xxx–xxx– x — —

Helianthus. Reine Luft. Dunkel		
In Prozent KNO_3	7 –6·5– 6 –5·5– 5	
Vorn	xxx– xx – xx – x —	
Mitte	xxx– xx – xx – x —	
Rückwärts	xxx– xx – xx – x —	

31 *mm*³ Leuchtgas einen Tag zugeführt		10 *mm*³ Leuchtgas einen Tag zugeführt	
Licht			
In Prozent KNO_3	7·5– 7 –6·5– 6 –5·5– 5 –4–5	In Prozent KNO_3	7·5– 7 –6·5– 6
Vorn	xxx– xx – x — — — —	Vorn	x — — —
Mitte	xxx–xxx– xx — — — —	Mitte	xx — — —
Rückwärts	xxx–xxx–xxx– xx – x – x —	Rückwärts	xxx– xx – x —

III. Erläuterung der Kurvendarstellungen auf Tafel I bis III.[1]

Es soll als Beispiel die Tafel I im Detail erläutert werden.

Am 31. Oktober wurden die Marken in der schon beschriebenen Weise aufgetragen; es war also an diesem Tage die Distanz von je zwei Marken 1 *mm*. Die Marken sind numeriert zu denken, und zwar so, daß die unterste die Nummer 0 und die oberste, welche also bei der nutierenden Spitze liegt, die Nummer 15 erhält. Am nächsten Tage wurden die Markendistanzen einzeln gemessen; es ergab sich für Nummer 1 2 *mm* usw. Man findet sämtliche Werte in den Tabellen am Fuße der Zeichnungen. So beträgt die Distanz der Marken Nr. 7 und 8 am 1. November 1·8 *mm*. Aus dieser Tabelle sieht man schon, daß ein Wachstumsmaximum auftritt, indem die Distanzen für die mittleren Marken größer geworden sind als für die Marken am Ende. Um dieses Verhalten noch augenfälliger zu machen, wurden oberhalb der Markennummern vertikale Strecken aufgetragen, welche den Zuwächsen proportional sind. (Der Proportionalitätsfaktor wurde bei jeder Tafel als Überhöhung angegeben.) Die Endpunkte der Strecken wurden der Deutlichkeit halber noch durch Kurven miteinander verbunden. Die Ordinaten dieser Kurven geben also die Wachstumszunahme für den betreffenden Pflanzenteil an dem betreffenden Tag an. So bedeutet z. B. die dick ausgezeichnete Ordinate in Tafel I die Zunahme der Distanz zwischen der dritten und vierten Marke am 1. November.

IV. Literaturverzeichnis.

1. Jost L., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, p. 23.
2. Molisch H., *a)* Über den Einfluß des Tabakrauches auf die Pflanze. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXX, Abt. I, Jänner 1911, I. Teil, p. 4; Abt. I, Juli 1911, II. Teil, p. 6.
   b) Über Heliotropismus, indirekt hervorgerufen durch Radium, 1905, p. 7.
   c) Leuchtende Pflanzen. Eine physiologische Studie, 1904.
3. Neljubow D., *a)* Über die horizontale Nutation der Stengel von *Pisum sativum* und einigen anderen Pflanzen. Separatabdruck aus dem Botanischen Zentralblatt, Beihefte, Bd. X, Heft 3 (1901), p. 5.
   b) Geotropismus in der Laboratoriumsluft. Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft, Jahrg. 1911, Bd. XXIX, Heft III, p. 110.
4. Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. Bd. II, Jahrg. 1904, p. 75 bis 80.
5. Richter O., *a)* Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft, Jahrg. 1903, Bd. XXI, Heft 3, p. 180.
   b) Über Anthokyanbildung in ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Sonderabdruck aus der »Medizinischen Klinik«, 1907, Nr. 3, p. 4.
   c) Über Turgorsteigerung in der Atmosphäre von Narkotika. Naturwissenschaftliche Zeitschrift »Lotos«, Bd. 56 (1908), Heft 3.

---

[1] Infolge eines Druckfehlers sind in den Tafeln bei den Markendistanzen in *mm* die längs der Ordinatenachse aufgetragen sind, die Dezimalpunkte weggelassen worden. Statt 45 *mm* (Tafel I, Fig. 1) muß es z. B. heißen 4·5 *mm*.

d) Neue Untersuchungen über Narkose im Pflanzenreiche. Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines an der Universität Wien, IX. Jahrg. (1911), Nr. 1, p. 14 und 15.

e) Die horizontale Nutation. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXIX, Abt. 1, Dezember 1910, p. 2.

6. Rimmer F., Über die Nutation und Wachstumsrichtungen der Keimpflanzen. Diese Sitzungsberichte, Bd. LXXXIX, I. Abt., Mai 1884, p. 411 (p. 19).
7. Sachs J., Über die Wachstumsweise des Epicotyls von *Phaseolus multiflorus*. Arbeiten des Botanischen Institutes in Würzburg, Bd. I, p. 127 und 128.
8. Singer M., Über den Einfluß der Laboratoriumsluft auf das Wachstum der Kartoffelsprosse. Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft, Bd. XXI, Jahrg. 1903, Heft 3, p. 179.
9. Wiesner J., *a)* Über undulierende Nutation. Diese Sitzungsberichte, Bd. LXXVII (1878), Abt. I.

b) Über die Wachstumsweise des Epicotyls von *Phaseolus multiflorus*. Botan. Zeitg., 41. Jahrg. (1883), Nr. 27, p. 441 bis 447.

c) Eine Bemerkung zu dem Aufsatze des Herrn Dr. J. Wortmann. Botan. Zeitg., 1883, Nr. 5, p. 77.

d) und R. v. Wettstein, Untersuchungen über die Wachstumsgesetze der Pflanzenorgane. XXIII. Diese Sitzungsberichte, Bd. LXXXVIII, Abt. I, Juli 1883, p. 479 (p. 26).

10. Wortmann J., *a)* Messung des Längenwachstums des nutierenden Epicotyls. Botan. Zeitg., 1882, Nr. 52, 29. Dezember, p. 933.

b) Botan. Zeitg., 1883, Nr. 9, p. 146.

11. Woycicki C., *a)* Beobachtungen über die Wachstumsregenerations- und -propagationserscheinungen bei einigen fadenförmigen Chlorophyceen und Laboratoriumskulturen und unter dem Einfluß des Leuchtgases. Extrait du Bulletin de l'Académie des sciences de Cracovie, Classe des sciences mathématiques et naturelles, Octobre 1909, p. 662.

b) Beitrag zur Pathologie der Algen. Die Aplanosporen bei *Cladophora fracta* var. *horrida*. Abdruck des Sitzungsberichtes der Warschauer Gesellschaft der Wissenschaften, 1908, Lieferung 1—2, p. 72.

12. Wyplel M., Beiträge zur näheren Kenntnis der Nutation. Separatabdruck aus der Österreichischen botan. Zeitschrift, 1879, Nr. 1 und 2, p. 3.